

Indsatsområde: Danmark som CO ₂ Hub – skalering og markedsføring Titel på Bedreinnovation.dk: Danmark som CO ₂ -hub	Indsatsområde: FT03
Indsatsen kort (resumé)	
<p>Indsatsen adresserer de teknologiske udfordringer, der sikrer erhvervspotentialerne fuldt ud, når carbon capture, utilization and storage (CCUS) skal implementeres frem mod 2030. Fokus vil være på effektivisering, compliance gennem digitalisering og videndeling for at ruste industrien til øget konkurrence uden at gå på kompromis med klimamål og miljø.</p> <p>Med domæneviden indenfor emissioner, materialer, metrologi og adgang til testfaciliteter, vil FORCE Technology identificere og imødegå problemstillinger ved implementering af CCUS i Danmark.</p>	
1. Målsætninger, nøgleaktiviteter og indikatorer	
<p>Etableringen af en stærk og konkurrencedygtig CCUS-branche i Danmark forudsætter et effektivt samspil mellem virksomheder, myndigheder og videninstitutioner¹. Evnen til at kombinere viden og ekspertise fra relevante fagområder er grundlaget for succes med at udvikle CCUS og en markedsbaseret handel med CO₂¹.</p> <p>Det er visionen for indsatsområdet at skabe en platform for videndeling, test og metodeudvikling med udgangspunkt i de fagområder, der er centrale for hele værdikæden. Målsætningen med indsatsområdet er at give teknologileverandører, anlægsejere, operatører og myndigheder værktøjer til at skalere teknologier og markedsføring i hele værdikæden fra fangst til lagring af CO₂. Indsatsområdet har identificeret fire hovedspor med konkrete serviceydelser, der kan lette implementering af CCUS i Danmark.</p> <p>Spør 1: Effektivisering og skalering af teknologier til fangst og sikker håndtering af CO₂ Skalering og effektivitetsforbedringer er afgørende for at realisere en realistisk anlægs- og driftsøkonomi. FORCE Technology vil med indsatsen udvikle modelmetoder til at effektivisere beslutningsprocessen under udvikling, opbygning og/eller drift af CO₂-fangst og håndtering. Dette vil skabe en ydelse, der gør det muligt at kombinere fx livedata fra anlæggene med simuleringsdata. Herved kan teknologileverandører og anlæg afprøve forskellige scenarier for driftsoptimering og skalering og derved effektivisere beslutningsprocessen. Metoderne vil ligeledes kunne anvendes til at vurdere sikkerhedsmæssige aspekter ved håndtering af CO₂. Målgruppen for aktiviteten er især teknologileverandører, men anlægsejere vil også kunne drage nytte.</p> <p>Spør 2: Kvantificering og reduktion af emissioner ved CO₂-fangst og lagring Kritiske sporstoffer, der emitteres til luft eller til produktgassen fra CO₂-fangst, er ofte vanskelige at måle kvantitativt og med kosteffektive metoder. På basis af erfaringer indsamlet under det nuværende indsatsområde², vil FORCE Technology under dette hovedspor udvikle og validere nye effektive målemetoder som ydelse til dokumentation og egenkontrol.</p> <p>Emissionsprofilen er stærkt forbundet med både anlægstypen og driftsmønstre, hvilket komplicerer beslutningsprocessen, når den bedst egnede teknologi skal vælges til CO₂-fangst på et givent anlæg.</p>	

¹ 'Del 1: En køreplan for lagring af CO₂' og 'Del 2: Køreplan for CO₂-fangst og transport', regeringen, jun. 2021 og dec. 2021

² [Emissioner i den grønne omstilling – Bedreinnovation.dk](#) (2021-2024)

Der vil med udgangspunkt i mulige teknologier til CO₂-fangst blive opstillet et performance index for emissioner fra forskellige anlægstyper og driftsparametre. Målgruppen vil især være teknologileverandører, der vil kunne optimere deres teknologier, men også anlægsejere, der med guidelines bedre vil kunne vurdere deres risici i beslutningsprocesserne.

Spor 3: Metoder til kvalificering af materialer, der indgår i fangst, infrastruktur og lagring af CO₂

På verdensplan er der mangel på publicerede industridata samt testfaciliteter til at understøtte valg af materialer og komponenter til omkostningseffektiv CO₂-fangst, transport og lagring^{3,4}. Disse faktorer forsinker industriens bestræbelser på at udvikle og skalere CCUS i Danmark, herunder vurdering af muligheder for anvendelse af eksisterende faciliteter til CO₂-infrastrukturen. FORCE Technology vil opbygge serviceydelser til at støtte industrien i at designe og opbygge bæredygtigt og økonomisk materialevalg til håndtering af CO₂. Målgruppen for aktiviteten er især teknologiejere samt anlægs- og infrastrukturejere. Serviceydelserne skal sikre, at virksomhederne via mekaniske og kemiske tests har adgang til den nødvendige viden og rådgivning om anvendelsen af korrekte materialer for at undgå utilsigtet nedbrud, lækager, korrosion m.m.

Spor 4: Metrologi og vejledninger, der understøtter markedsføring af handel med CO₂

Når CO₂-fangst, distribution og lagring frem mod 2030 etableres i Danmark, vil der være et behov for at sikre en veldokumenteret sporbarhedskæde for de handlede mængder af CO₂ med henblik på korrekt kvantitet og kvalitet. Et sådan anerkendt system findes ikke i dag. Indsatsområdet vil etablere services i form af kvalificeret viden og rådgivning om troværdig afregning af CO₂. Målgruppen er derfor bred og vil dække hele værdikæden indenfor CCUS i Danmark. Målinger gennemføres primært på etablerede anlæg i samarbejde med operatører i CCS/CCU-værdikæderne.

Årlige delmål for indsatsområdet

- 2025 · For aktiviteter i år 1, se pkt. 8.
- 2026 · Opbygning af model til simulering af drift på et generisk demonstrationsanlæg på baggrund af kortlægningen udført i 2025. Funktionaliteter er afstemt med målgruppen. Der lægges vægt på amin-baserede fangstanlæg, hvor koblingen til sammensætningen af den indførte røggas har betydning for driften af anlægget i forhold til materialevalg og emissioner (spor 1).
 - Hvor der i 2025 vil være særlig fokus på at inddrage effekten af kritiske urenheder, der kan påvirke materialernes holdbarhed, sikkerheder og levetid inden for CO₂-transport og lagring, vil der i 2026 udføres kompatibilitets- og kvalifikationstest af 4 nye typer materialer i CO₂ under påvirkning af fx et bredere udvalg af kritiske urenheder under aktuelt tryk og temperatur for CO₂-transport og lagring for CO₂-transport og lagring fx for genanvendelse af eksisterende infrastrukturer (spor 3).
 - Felttest til karakterisering af emissioner (gasser og partikler) fra 2 forskellige anlægstyper, der forventer at installere CO₂-fangst (fx teglværker, biomassefyrede anlæg, affaldsforbrænding og industriproduktion). Anlægstyperne udvælges på baggrund af arbejdet i 2025 med at identificere anlægstyper med mangler samt viden om emissionsprofilen (spor 2).
 - Kalibreringstest af CO₂ målere på 3 relevante anlæg eller lignende udføres på baggrund den i 2025 udviklede testplan for metodeudvikling til verifikation af målere (spor 4).

- 2027
- Indledende test af simuleringsmodel op imod aktuelle anlægsdata i samarbejde og dialog med 1-2 anlæg. Udvalgte scenarier med henblik på driftsoptimering og effektivisering testes, og værdien kvantificeres i samarbejde med anlægget (spor 1).
 - I 2027 påbegyndes validering af testmetoder til materialevalg og dialog med relevante standardiseringsgrupper er gennemført. Test af mindst 3 yderligere materialer er gennemført. Opstart af materialekatalog påbegyndes (Spor 3).
 - På baggrund af de i 2025 og 2026 indsamlede data, påbegyndes opbygning af et emissionskatalog til online brug med performance index for CO₂ og andre udvalgte emissionsparametre (fx aminer og andre miljø- og sundhedsskadelige nedbrydningskomponenter fra solventer). En første version af kataloget med mindst 10 emissionsparametre er offentliggjort (spor 2).
 - Udformning af vejledning for sporbar kalibrering af CO₂-målere er fastlagt i tæt dialog med relevante aktører (spor 4).
- 2028
- Validering af simuleringsmodeller ved anvendelse af tilgængelige data fra litteraturen eller anlæg og i samarbejde med 2-3 anlægsleverandører er gennemført. Resultaterne er videnspredt via fx Energy Cluster Denmark (Spor 1).
 - Testmetoder til materialevalg udarbejdet i 2027 færdigvalideres. Materialekataloget færdiggøres og offentliggøres via videndelingsaktiviteter (spor 3).
 - Færdiggørelse og publicering af emissionskatalog via relevante kanaler (fx webinarer, temadag m.m.) for videndeling (spor 2).
 - Metrologiske vejledninger for sporbar kalibrering af anlægsmålere til CO₂ færdiggøres og publiceres (spor 4).

Indikatorer for værdi og succes

FORCE Technology vil med indsatsområdet adressere disse centrale udfordringer, således at omstillingen af de berørte sektorer sikrer, at danske anlæg fortsat kan være konkurrencedygtige i en åben markedsøkonomi, hvor energi- og miljøeffektivisering, skalering og adgang til infrastruktur er vigtige drivparametre. Det fordrer et stærkt økosystem og virksomhedernes adgang til den nødvendige viden via samarbejde med videninstitutioner³.

Samlet for perioden vil indsatsområdet have følgende indikatorer for værdi og succes

- 45 samarbejdspartnere. Indsatsområdet vil etablere og løbende udvide økosystemet med samarbejdsrelationer til danske og internationale videncenter og organisationer.
- 30 mio. kr. FoU-omsætning ansøgt. Indsatsområdet vil, for at styrke økosystemet og samarbejdsrelationerne, sikre en øget FoU-indsats igennem ansøgning af minimum 15 FoU-projekter i partnerskaber omkring indsatsområdet. Bl.a. med fokus på internationale projekter og opbygning af TDU. Budgettet angiver FORCE Technologys andel heraf.
- 850 aktive virksomhedsrelationer. Indsatsområdet vil, baseret på en samlet vidensspredningsplatform, have et højt ambitionsniveau for aktiv deltagelse fra erhvervslivet (fx følgegrupper, demonstrationsprojekter, deltagelse i arrangementer, klubber og netværk, webinarer m.m.). Dertil en omfattende øvrig vidensspredning (artikler, webtrafik, SoMe m.m.)

2. Relevans og potentiale

Regeringen i Danmark arbejder målrettet på at reducere udledningen af CO₂ frem mod 2030 og 2050³. Frem mod 2030 skal den danske energisektor og øvrige industri derfor undergå en betydelig transformation for at leve op til de fastsatte klimamål for CO₂-reduktion. Her er fangst, transport og lagring af CO₂ en afgørende forudsætning. Med den seneste politiske aftale fra 2023 er der afsat 38 mia. kr. til CCUS, og den afledte jobskabelse vurderes til at have et potentiale på mere end 10.000 årsværker og fastholde op imod 3.000 jobs i forbindelse med offshore aktiviteter.⁴ De seneste års erfaringer viser dog, at teknologien til CO₂-fangst og lagring fortsat kræver en væsentlig øget indsats i forhold til effektivisering, skalering og compliance gennem test og digitalisering.^{5,6,7,8,9} Rambøll estimerer i en rapport¹⁰ fra 2021 et eksportpotentiale på op til 78 mio. euro i 2035, men implementeringen er omkostningsfuld og der skal investeres store summer, for at omstillingen lykkes. Det er derfor afgørende, at de tekniske og dermed økonomiske risici identificeres i forhold til villigheden til at foretage de nødvendige investeringer. Relevansen i forbindelse med de politiske visioner og målsætninger udtrykkes rammende af COO Christian Boysen, Energy Cluster Denmark: "... *Det er således brug for at de-riskede teknologi og forretningsudvikling inden for CCUS og opbygning af viden, nye metoder til målinger og nye materialer vil bidrage til at fjerne usikkerheder og sikre en fortsat stærk industriel modning af CCUS i Danmark til gavn for hele værdikæden, store som små virksomheder.*"

Gennem møder og interviews med centrale aktører i CCUS-branchen (fx Ørsted, TotalEnergies, INEOS, ARC og Pentair) og via tæt dialog med partnerskaber/klynger¹¹ og følgegruppen i nuværende indsatsområde⁷, vil de centrale hovedspor blive identificeret.

Effektivisering og skalering af teknologier til fangst og sikker håndtering af CO₂

Skalering og effektivitetsforbedringer er afgørende for at realisere en realistisk anlægs- og driftsøkonomi. Serviceydelsen vil derfor skabe værdi for teknologileverandører og anlægsejere, der kan afprøve en lang række scenarier i et digitalt miljø uden brug af omkostningstunge felttests, der kan være meget indgribende i et anlægs drift. Erhvervspolitisk chef, Emil Drevfeldt Nielsen i Dansk Metal påpeger netop skalering af CCUS som et vigtigt mål for Danmarks vækstmuligheder: "*CCUS bliver en central teknologi, for at Danmark kan nå sine samlede klimamål. I Dansk Metal ser vi et stort potentiale i teknologien. Udvikling og forskning i teknologien er derfor vigtigt for, at vi fremover kan anvende CCUS i storskala, som vil være afgørende for Danmarks erhvervs- og vækstmuligheder. FORCE Technologies projekt vil være med til den nødvendige udvikling og forskning inden for CCUS.*"

Kvantificering og reduktion af emissioner ved CO₂-fangst og lagring

Kvantificering og reduktion af emissioner ved CO₂-fangst og lagring er afgørende for en klima- og miljømæssig sikker implementering af CO₂-fangst samt dokumentation af den opsamlede kvalitet af

³ Denmark 2023, Energy Policy Review, EIA, 2023

⁴ CO₂-fangst, anvendelse, og lagring (CCUS) - en nøgleteknologi for et klimaneutralt Danmark og Europa, Dansk Industri, 2023

⁵ Direction 20250, Danish CCUS Roadmap 2024, INNO-CCUS

⁶ Anbefalinger til acceleration af CO₂-fangst og anvendelse i Danmark, Green Power Denmark, 2024

⁷ Carbon 110%, Mission Lab: Vejen til CO₂-reduktioner i 2050, ATV, 2024

⁸ Grøn omstilling kalder på faglært arbejdskraft, Dansk Metal, 2024

⁹ Emissions Gap Report 2023, UN Environment programme, 2023

¹⁰ Export potential CCUS & PtX Technology, Rambøll, 2021

¹¹ Virksomhedsudvikling i hele Danmark 2024 – 2027, Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse

Fuldmægtig, Kvoteadministrationen, Energistyrelsen, udtrykker dette aspekt via udtalelsen på Bedreinnovation.dk: "... I Danmark rapporteres til Energistyrelsen udledninger fra aktiviteter omfattet af EU ETS direktivet ved at følge den tilhørende MR-forordningen, som i højere grad vil inkludere CCUS i den meget nære fremtid. Procedurer og procesmetodikker er dog stadig under udvikling for samtlige elementer i hele CCS-værdikæden for at modne og realisere konceptet. Relevant for EU ETS er indberetninger af observationer fra robuste og troværdige måleinstrumenter samt støtte fra kompetente videncentre til rådgivning af de danske aktiviteter omfattet af EU ETS..."

Den primære målgruppe for indsatsområdet er teknologileverandører opstrøms i værdikæden. Anlægs- og infrastrukturejere, rådgivere og myndigheder i hele værdikæden vil ligeledes drage nytte af den viden og de ydelser, der udvikles i indsatsområdet. Herved sikres, at aktiviteterne målrettes de fremtidige behov hos målgruppen.

Målgruppen for indsatsen

- Teknologileverandører til CO₂-fangst (fx Pentair, Aker Carbon Capture og Ammongas)
- Systemintegratorer (fx Olicem og Weel & Sandvig)
- Rådgivere (fx Artelia, Rambøll og COWI)
- Anlægsejere (fx Ørsted, ARC og Aalborg Portland)
- Transportører og infrastrukturejere (fx Linde Gas og Evida)
- Lagringsoperatører (fx Gas Storage Denmark, TotalEnergies og INEOS)

3. Markedssvigt og konkurrencesituation

I foråret 2024 udkom INNO-CCUS med et roadmap med status og forventninger til CCUS i Danmark¹³. Roadmappet adresserer flere af de centrale udfordringer, som dette indsatsområde vil fokusere på, herunder teknologiske barrierer for implementering af CC i stor skala. Dette gælder bl.a. optimering af materialer i forhold til korrosion og levetidsbestemmelse, metoder til skalering og effektivisering af teknologier til CO₂-fangst, metoder til bestemmelse af urenheder i opkoncentreret CO₂ og online bestemmelser af emissioner, herunder simple styringsværktøjer til at kontrollere kvaliteten af gasser og væsker. Klassifikationselskaber og enkelte større virksomheder/forskningsinstitutioner er ved at etablere laboratoriefaciliteter i udlandet, i fx Holland og England, til test af fx flowmålere til håndtering af CO₂. Indsatsområdet sigter ikke på at etablere en laboratorieprøvestand, men at få bragt kalibrering ud i virksomhederne og udnytte de etablerede anlæg.

Adressering af dette teknologigab, som beskrevet i roadmappet, kræver en særlig indsats for at skabe ny tværfaglig viden og kompetence om processer, teknologier og måleteknik kombineret med en sektorindsigt i værdikæder, der kan bidrage til uvildig tredjeparts dokumentation og beslutningsstøtte. Fx kræver markedsgørelsen af CO₂ en særlig uvildig indsats for at tilvejebringe troværdige og transparente referencer. Dertil kommer, at investeringsbehovet, særligt ved udvikling af specialmålinger og testfaciliteter er relativt stort, og det at kunne investere smalt og servicere bredt og uvildigt ligger ud fra en samfundsmæssig betragtning naturligt for GTS. Det fremhæves bl.a. af ejer, Morten Poulsen, GrønAgenda: "Hvis Danmark skal sikre en attraktiv position som europæisk CO₂-hub og udnytte det fulde erhvervspotentiale ved implementering af CCUS inden 2030, skal centrale teknologiske udfordringer adresseres. Effektivisering og skalering af teknologier til fangst og sikker

¹³ Direction 2050, Danish CCUS Roadmap 2024, INNO-CCUS

håndtering af CO₂, effektiv monitorering af emissioner gennem hele værdikæden samt udvikling og kvalificering af nye sikre materialer vil bidrage til Danmarks fortsatte udvikling inden for CCUS. Derfor mener jeg, at denne aktivitet bør støttes gennem en fremtidig resultatkontrakt.”

Udvikling af målemetoder og dokumentation til gavn for såvel industri og samfund kan derfor med fordel varetages i GTS-regi. Samlet vurderes indsatsområdet at kunne udfylde en vigtig rolle for at identificere tekniske barrierer for storskala CO₂-fangst idet:

- Der er behov for uvildighed ved dokumentation og validering i forbindelse med test af teknologier og løsninger.
- Der er tale om nye parametre, som ingen eller kun få private udbydere kan måle.
- Området er nyt, investeringstungt og endnu ikke udforsket.
- Faciliteter til både måling og modellering giver mulighed for optimering af løsningsmodeller.

Indsatsområdets følgegruppe, der omfatter de væsentligste aktørgrupper indenfor området, vil sikre, at indsatsen rammer et faktisk samfunds- og virksomhedsbehov og dermed fylder et hul i værdikæden, der hjælper med at løfte den samlede nationale indsats indenfor CCUS. Endvidere har følgegruppen den væsentlige funktion at undgå etablering af parallelkompetencer på områder, hvor der allerede er udbydere og der ikke sker en konkurrenceforvridning.

4. Videnspredning og inddragelse i indsatsområdet

Gennem markedsstrategi og projektaktiviteter har FORCE Technology gennem de seneste fire år opbygget et aktivt netværk indenfor CCUS med +500 aktive virksomhedskontakter. FORCE Technology deltager i en lang række nationale og internationale demonstrationsprojekter¹⁴ med fokus på CCUS og har derfor et solidt netværk og samarbejde med centrale aktører i industrien (fx INEOS, TotalEnergies, Welltec, DGC, Ørsted, Pentair, ARC, Aalborg Portland, Olicem) vedrørende materialetest, verifikationer af emissioner m.m. De foreslåede aktiviteter i indsatsområdet vil desuden blive gennemført i samarbejde med rådgivere (fx Rambøll, COWI og Artelia) og øvrige videninstitutioner herunder KU, DTU, DTI og AU. Ligeledes vil indsatsområdet med afsæt i eksisterende samarbejde fortsat inddrage partnerskaber og klynger (fx CLEAN, Energy Cluster Denmark og INNO-CCUS) med at formidle den indsamlede viden via temadage, webinarer m.m.

Målgruppen inddrages i indsatsen ved bilaterale møder, web-baserede nyheder, via projektets følgegruppe og igennem partnerskaber. Indsatsområdet planlægger desuden at afholde flere temadage/webinarer for derved at understøtte, at aktiviteterne i indsatsområdet når bredt ud i den danske branche for CCUS.

Der vil blive nedsat en følgegruppe med repræsentanter fra virksomheder, myndigheder, rådgivere og videninstitutioner fra hele værdikæden. Følgegruppen vil blive brugt aktivt undervejs med henblik på en løbende dialog om fremdrift, aktiviteter og resultater, så innovationen afstemmes med relevant teknologi og en dynamisk markedssituation. Følgegruppens form og sammensætning vil blive tilpasset undervejs i takt med udviklingen og behovet for at optimere input og udbytte for både indsatsområdet og deltagere i følgegruppen. Møderne vil blive afholdt i samarbejde med

¹⁴ CORT, GreenTwin og CarbonAdapt (INNO-CCUS), Beyond Fossil, (Erhvervsfyrtårn Syd), CO2QMON (CO2Vision2.0), Videnbroprojekter, EDIH-projekter og industrifinansierede projekter såsom ACCEPT-projektet i samarbejde med bl.a. Ørsted, ARC og Rambøll

indsatsområderne 'Power-to-X: Fra grøn vision til global forretning'¹⁵ og 'Vejen til smart, sikker og bæredygtig infrastruktur'¹⁶ eftersom projekterne indholdsmæssigt grænser op til hinanden, hvilket gør at de respektive følgegrupperes medlemmer kan drage nytte af den viden, der genereres i indsatsområderne.

Følgegruppen har ved indsatsens start følgende sammensætning

<ul style="list-style-type: none"> · Kate Harboe, Ingeniør, Evida · Martin Patrong Haspang, Geofysiker, Gas Storage Denmark · Jonas Nedenskov, Miljøchef, Amager Ressourcecenter · Jørgen Nørkilt Jensen, Senior Chemistry Specialist, Ørsted · Troels Skov Moestrup, CCO, Olicem 	<ul style="list-style-type: none"> · Jesper Damtoft, Group Sustainability Director, Aalborg Portland · Morten Tellefsen, Technology Manager, Topsoe · Søren Reinhold Poulsen, Head of CCS, INEOS · Søren Jensen, Team Leader R&D, Pentair 	<ul style="list-style-type: none"> · Uffe Bihlet, Chefkonsulent, DTU Chemical Engineering · Christoffer Sehested, Head of department, Artelia · Katrine Wienberg, CEO, Better Wells · Anne Jensen, Civilingeniør, Miljøstyrelsen
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5. Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Rapporten fra Green Power Denmark¹⁷ viser, at "Danmark skal vise vejen for storskala CO₂-fangst til både CCU og CCS inden 2030" (anbefaling nr. 1). Vi står således overfor en ny udviklingsfase, hvor nyhedsværdien og ambitionsniveauet knytter sig markedsførelsen af CO₂. Erhvervspolitisk chef, Emil Drevfeldt Nielsen i Skattestyrelsen påpeger netop standarder og metrologi som et vigtigt redskab i forbindelse med markedsførelsen af CCUS: *"Det er væsentligt, man helt klart har defineret metrologi og standarder, der understøtter markedsførelsen af handel med CO₂. Der skal være et klart teknisk grundlag for korrekt opgørelse. Et veldefineret grundlag implementeret så tidligt i processen som muligt vil gøre, tingene glider lettere og en succes opnås."* Endvidere påpeger Technology Manager, Morten Thellefsen, Topsoe i sin kommentar på Bedreinnovation.dk, at kendskab og krav til bl.a. CO₂ er et område, hvor der mangler viden: *"... Eksempelvis indenfor CO₂ transport/lagring, hvor der p.t. ikke findes en standard for renheden af CO₂'en og derfor kræves i nogle tilfælde ultraren CO₂. Her vil viden om korrosion og kemiske processer under lagring give et bedre grundlag for en passende rensning af CO₂'en så det bliver godt nok til formålet og samtidigt økonomisk rimeligt..."*

Ambitionsniveauet er derfor at sikre, projektet effektivt kan opstille konkrete serviceydelser til hele værdikæden til brug for en effektiv implementering af storskala CCU og CCS i Danmark. I forhold til FORCE Technologys nuværende kompetencer og serviceydelser, vil nærværende serviceydelser blive opbygget:

- Nye testmetoder, der skal bidrage til udvikling af standardiserede testprotokoller, der sikrer et systematisk og kvalitetssikret grundlag for valg af materialer til fangst, transport og lagring af CO₂.
- Etablering af metrologiske services og guideline til veldokumenteret sporbar kalibrering af systemer til bestemmelse af CO₂ masseflow til brug for troværdig afregning af CO₂.
- Identificere nye effektive målemetoder og teknologiløsninger til dokumentation af virksomheders egenkontrol af emissioner for at sikre en kosteffektiv fornuftig klima- og miljømæssig implementering af CO₂-fangst.

¹⁵ [Power-to-X : Fra grøn vision til global forretning – Bedreinnovation.dk](#)

¹⁶ [Vejen til smartere infrastruktur – Bedreinnovation.dk](#)

¹⁷ Anbefalinger til acceleration af CO₂-fangst og anvendelse i Danmark, jun. 2024

- Udarbejde modeller, der kan anvendes til at forudsige korrosion i materialer samt digitale metoder til at optimere driften på CC-anlæg.

De væsentlige barrierer for at indfri målene i indsatsområdet afhænger af adgang til test og demonstrationsanlæg samt virksomheders mulighed for at dele erfaringer med eksisterende CC-anlæg. Dette imødegås dels ved at være i tæt dialog med industrien og videninstitutioner i Danmark, dels med adgang til FORCE Technologys egne testfaciliteter, der bl.a. er opbygget gennem deltagelse i REACT-projekter og igangværende Resultatkontraktaktiviteter. FORCE Technology har med ekspertise indenfor måleteknik og adgang til testfaciliteter indenfor emissioner, materialer og metrologi opbygget en solid platform for at løfte den danske værdikæde indenfor CCS og CCU. Denne viden og adgang til testfaciliteter vil i indsatsområdet anvendes til at skabe ny værdi for især teknologileverandører, anlægs- og infrastrukturejere.

6. Kobling til forsknings- innovations- og erhvervsfremmesystemerne

De foreslåede aktiviteter i indsatsområdet vil desuden blive gennemført i samarbejde med nationale videninstitutioner, herunder KU, DTU, DTI og AU vedrørende anlægsprocesser, materialetest, identifikation af emissioner m.m. Indsatsområdet vil eksempelvis fortsætte samarbejdet med DTU vedrørende sammenhængen mellem driften af CC-anlæg og de resulterende emissioner og urenheder i den indfangede CO₂¹⁸. Ligeledes vil aktiviteterne blive koordineret med andre danske GTS-institutter, herunder DBI og Teknologisk Institut. Fx har FORCE Technology og DBI via projektet 'Safer and faster PtX'¹⁹ udarbejdet en guideline, der bl.a. omfatter sikker håndtering af CO₂ på Power-to-X anlæg. Der er ligeledes aftalt en tæt og vedblivende tæt koordinering af indsatsen med aktiviteten 'Teknologiudvikling, implementering og test af Power-to-X og CCUS' med Teknologisk Institut. Dette vil ske med henblik på opbygning af komplementære ikke-overlappende serviceydelser samt udvikling af fælles aktiviteter og projektansøgninger.

Ligeledes vil indsatsområdet med afsæt i eksisterende samarbejde fortsat inddrage partnerskaber og klynger (fx CLEAN, Energy Cluster Denmark og INNO-CCUS) med at formidle den indsamlede viden via temadag, webinarer m.m. Fx har FORCE Technology under indeværende indsatsområde afholdt temadag sammen med CLEAN. Ligeledes deltager FORCE Technology i Erhvervsfyrårnsprojekter²⁰ under Green Hub Denmark og i videnbroprojekter²¹ under CLEAN, hvor konklusionerne i projektet skal præsenteres via temadag og publikationer.

Gennem vores internationale netværk, der bl.a. bygger på et mangeårigt samarbejde omkring europæisk standardisering, vil vi samarbejde med andre europæiske virksomheder og videninstitutioner (NPL, PTB, INERIS, SINTEF, Fraunhofer m.fl.) om videnopbygning fx METCCUS og METCCUS II²². Tilsvarende har igangværende samarbejde med Testcenter Mongstad, Norge gjort det muligt at indhente nødvendig viden og målinger på et storskala CC-testanlæg. Adgang til internationalt samarbejde skaber derfor en stor værdi for indsatsområdet gennem ny viden og adgang til testfaciliteter, der ikke findes andre steder.

¹⁸ [1-P1 Cort - INNO-CCUS](#)

¹⁹ [Safer and Faster PtX – MissionGreenFuels](#)

²⁰ Fx CO2QMON, CO2Vision2.0

²¹ Fx FlexiAMS-CC, CLEAN

²² Metrology support for carbon capture utilisation and storage, SRT-v02, EUROMET, 2024

FORCE Technology sidder i bestyrelserne i INNO-CCUS og i Bioenergy Denmark under Dansk Industri, hvor der er fokus på bæredygtig kulstofanvendelse. FORCE Technology har hermed et godt udgangspunkt for at skabe stærke samarbejdsrelationer til klyngen og dens mange aktører samt gennemføre en omfattende vidensspredning. Det sikrer, at input fra hele værdikæden forankres i projektet, og at den nødvendige information når aktørerne.

7. Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

FORCE Technology arbejder tæt sammen med virksomheder i den danske energisektor og har igennem et mangeårigt samarbejde opbygget en stor viden på området og været med i transformationen af den danske energisektor gennem årtier. FORCE Technology arbejder målrettet med CCUS som et strategisk vigtigt område, som beskrevet i FORCE Technologys årsberetning for 2023²³, og CCUS er en del af vores særlige markedsindsats, der sikrer en dedikeret og fokuseret implementering af de serviceydelser, der udvikles som en del af indsatsen.

I det igangværende indsatsområde er fokus på emissioner fra CCUS⁷, og i det kommende indsatsområde vil der blive samarbejdet med andre relaterende indsatsområder^{22,23} grundet projekternes grænseflader og synergieffekten. FORCE Technology vil ligeledes anvende det nyoprettede CO₂-testlaboratorie til at udføre materialetests i samarbejde med førende CCS-aktører i Europa (fx TotalEnergies og Welltec).

FORCE Technology har siden 1997 været udpeget som Miljøstyrelsens Nationale Referencelaboratorium indenfor 'emissioner til luften' og har, som central videnorganisation på luftemissionsområdet i Danmark, en løbende kontakt til både teknologiudviklere, brugere og offentlige myndigheder. FORCE Technology er ligeledes udpeget som 'designated institute' i Danmark for bestemmelse af tryk og volumenstrøm 'for gasser og andre væsker end vand'. Håndtering af CO₂ er derfor en del af FORCE Technologys metrologiske ansvarsområde og omfatter arbejde med standarder, udarbejdelse af vejledninger og myndighedsbetjening.

Indsatsområdet understøtter ambitionen for GTS-systemet og strategien for FORCE Technology om fortsat at indtage en strategisk og central position i den danske forsknings- og innovationsstruktur. Indsatsen medvirker til at realisere strategien om et øget antal samarbejdsrelationer, øget FoU-indsats og at nå ud til flere virksomheder, hyppigere og dybere. Dette gøres ved at adressere nye dele af værdikæden - herunder danske rådgivere, transportbranchen, der håndterer den vejgående transport af CO₂ og lagring. Dette gøres ved bl.a. at inddrage disse brancher i følgegruppen. Det er en central dansk styrkeposition og et kerneområde for FORCE Technology.

8. Konkrete aktiviteter i år 1

Aktiviteter i år 1

Videnhjemtagning og -samarbejde

- Møder og samarbejde med danske virksomheder og videninstitutioner (fx DTU og Fraunhofer) med særlig fokus på identifikation af de tekniske udfordringer ved etablering af CCS og CCU i Danmark og i storskala.

²³ FORCE Technology, Årsberetning 2023

- Indhentning af viden fra udlandet og via deltagelse i internationale projekter eller studiebesøg på CC-pilotanlæg.
- Dialog med Erhvervs- og Maskinmesterskoler om udbud af kurser og efteruddannelse.
- Indsamling af viden om emissioner fra forskellige typer anlægstyper med CO₂-fangst.
- Udarbejdelse af protokol vedrørende målemetoder og prøvetagning, der kan anvendes til en standardiseret kvantificering af CO₂-kvalitet til lagring eller videre anvendelse.
- Oprette en erfa-gruppe for CCS og CCU eller inkludering i eksisterende CLM erfa-grupper.
- Etablere oversigt over krav til målekvalitet af CO₂ i CCUS-værdikæden.
- Identificere de mest relevante udfordringer til udvikling af simuleringsværktøjer og kortlægning af behov for simulering som værktøj til at optimere valg af materialer.
- Indledende opbygning og dataindsamling om materialer.
- Indledende arbejde med etablering af testprotokoller for kvalificering af materialer.

Metodeudvikling og test

- Dialog og samarbejde med SMV'er vedrørende test og verifikation af kosteffektive sensorsystemer på CC-anlæg til styring eller optimering af processer.
- Undersøgelse af metodikker til effektiv og sikker egenkontrol af urenheder i procesgas og målere til afregning af CO₂.
- Udvikling af metode til måling af aerosoler af svovlsyre i røggas fra CO₂-fangst.
- Felttest af emissioner fra CO₂-fangst, der kan afdække områder, hvor der på danske anlæg mangler viden om emissionsprofilen.
- Kompatibilitets- og kvalifikationstest af materialer for CO₂-transport og lagring fx for genanvendelse af eksisterende infrastrukturer.
- Udarbejdelse af testplan for metodeudvikling til verifikation af målere anvendt til CO₂.
- Udarbejdelse af udkast til en anbefaling omkring mængdemåling af CO₂.